

Научная статья/ Research Article

УДК 636.085.6

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-297-303

Василий Викторович Матюшев^{1✉}, Анна Сергеевна Миржигот²,
Александр Викторович Семенов³, Ирина Александровна Чаплыгина⁴

^{1,2,3,4}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

^{1,2,3}matyushe@yandex.ru

⁴ledum_palustre@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТВОЛАЖИВАНИЯ ЗЕРНА

Цель исследования – изучение влияния конструктивно-режимных параметров экспериментальной установки на энергоёмкость и продолжительность отволаживания зерна. Задачи: определение энергоёмкости и продолжительности процесса отволаживания в зависимости от оборотов вала, угла наклона и шага установки лопаток установки для отволаживания зерна. Экспериментальные исследования проводились в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», в качестве объекта был взят сорт пшеницы Новосибирская-31 как наиболее распространенный в восточной зоне Красноярского края. Исследования проводились в два этапа: на первом этапе проводились исследования по изучению процессов влагопереноса при увлажнении зерна; на втором – при отволаживании. Влажность зерна при относительной влажности воздуха 43 % составляла 9,9 %. Оптимальная влажность зерна в процессе экструдирования должна соответствовать 17–18 %. Поэтому для достижения цели исследования на первом этапе определяли изменение влажности зерна пшеницы (W , %) в зависимости от времени его увлажнения (t , мин). Определены численные значения оптимальных конструктивно-технологических параметров работы отволаживателя: обороты вала отволаживателя $\varphi = 10 \text{ мин}^{-1}$, угол наклона лопасти относительно вала отволаживателя $\alpha = 60^\circ$, шаг установки лопаток на валу отволаживателя $L = 200 \text{ мм}$, при которых время отволаживания составит $t = 1,5 \text{ часа}$, энергоёмкость процесса $E = 9,1 \text{ кВтч/т}$.

Ключевые слова: зерно пшеницы, увлажнение, отволаживание, экструдирование, влажность, обороты вала отволаживателя, лопасти, энергоёмкость

Для цитирования: Исследование режимов работы установки для отволаживания зерна / В.В. Матюшев [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 297–303. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-297-303.

Vasily Viktorovich Matyushev^{1✉}, Anna Sergeevna Mirzhigot², Alexander Viktorovich Semenov³,
Irina Alexandrovna Chaplygina⁴

^{1,2,3,4}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

^{1,2,3}matyushe@yandex.ru

⁴ledum_palustre@mail.ru

INVESTIGATION OF THE GRAIN COOLING PLANT OPERATION MODES

The purpose of research is to study the influence of the design and regime parameters of the experimental setup on the energy intensity and duration of grain cooling. Tasks: determination of the energy intensity and duration of the cooling process depending on the shaft speed, the angle of inclination and the pitch of the blades of the installation for cooling the grain. Experimental studies were performed at the Engineering Center of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Krasnoyarsk

State Agrarian University”, the wheat variety Novosibirskaya-31 was taken as the object, as the most common in the eastern zone of the Krasnoyarsk Region. The studies were carried out in two stages: at the first stage, studies were conducted to study the processes of moisture transfer when moistening the grain; on the second - when cooling. Grain moisture at a relative air humidity of 43 % was 9.9 %. The optimal grain moisture content during extrusion should be 17–18 %. Therefore, to achieve the goal of the study, at the first stage, the change in the moisture content of wheat grain (W , %) was determined depending on the time of its moistening (τ , min). The numerical values of the optimal design and technological parameters of the cooling unit operation are determined: the revolutions of the cooling unit shaft $\varphi = 10 \text{ min}^{-1}$, the angle of inclination of the blade relative to the cooling unit shaft $\alpha = 60^\circ$, the pitch of the blades on the cooling unit shaft $L = 200 \text{ mm}$, at which the cooling time will be $t = 1, 5 \text{ hours}$, energy intensity of the process $E = 9.1 \text{ kWh/t}$.

Keywords: wheat grain, moisturizing; cooling, extruding; humidity, revolutions of the cooling unit shaft, blades, energy intensity

For citation: Investigation of the grain cooling plant operation modes / V.V. Matyushev [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(12): 297–303. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-297-303.

Введение. Организм человека испытывает потребности в энергии, минеральных соединениях и биологически активных веществах, которые обеспечиваются за счет употребления в пищу продуктов питания, полученных при переработке зерновых культур. Одним из перспективных способов переработки зерна в пищевой промышленности является экструзия [1–7]. В результате экструдирования злаковых и крупяных культур получают быстрорастворимые пищевые продукты, сухие завтраки (снеки, чипсы и т.д.), текстурированную муку и ингредиенты для кондитерской продукции [8].

При производстве экструдата из зерновых культур необходимо стремиться к тому, чтобы влажность оболочек и эндосперма была максимально одинакова [9, 10].

Из методических рекомендаций по техническому проектированию предприятий по переработке зерна известно, что для эффективной работы оборудования необходима исходная влажность материала 17–18 %. Выпускаемое в настоящее время оборудование для увлажнения и отволаживания зерна металлоемко, продолжительность отволаживания колеблется от 8 часов и более.

Цель исследования – изучить влияние конструктивно-режимных параметров экспериментальной установки на энергоемкость и продолжительность отволаживания зерна.

Задачи: определить энергоемкость и продолжительность процесса отволаживания зерна в зависимости от оборотов вала, угла наклона и шага установки лопаток для отволаживания зерна.

Методы и результаты. Экспериментальные исследования проводились в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», в качестве объекта был взят сорт пшеницы Новосибирская-31 как наиболее распространенный в восточной зоне Красноярского края.

Исследования проводились в два этапа: на первом этапе – исследования по изучению процессов влагопереноса при увлажнении зерна; на втором – при отволаживании. Влажность зерна при относительной влажности воздуха 43 % составляла 9,9 %. Оптимальная влажность зерна в процессе экструдирования должна соответствовать 17–18 %. Поэтому для достижения цели исследования на первом этапе определяли изменение влажности зерна пшеницы (W , %) в зависимости от времени его увлажнения (τ , мин).

Так как поглотительная способность зерна зависит от его стекловидности, была определена стекловидность сухого зерна, которая для данного сорта составила 75,2 %. При изучении процесса увлажнения зерна его орошали расчетным количеством воды, необходимым для изменения влажности от 10 до 17 %. Температура воды составляла 20 °С.

Эксперимент проводился с перемешиванием увлажняемого зерна в смесителе лопастного типа и без перемешивания (рис. 1).

Результаты эксперимента показали, что основная масса воды впитывается зерном в первые 2–3 мин. При увлажнении с перемешиванием необходимая влажность достигается за 5 мин, без перемешивания за 13–15 мин.

Интенсификации процесса отволаживания зерна пшеницы можно добиться путем его перемешивания в процессе отволаживания.

Для установления оптимальных конструктивно-технологических параметров и более полного

изучения рабочего процесса отволаживателя зерна проведены однофакторные эксперименты. Интервалы и уровни варьирования факторов представлены в таблице.

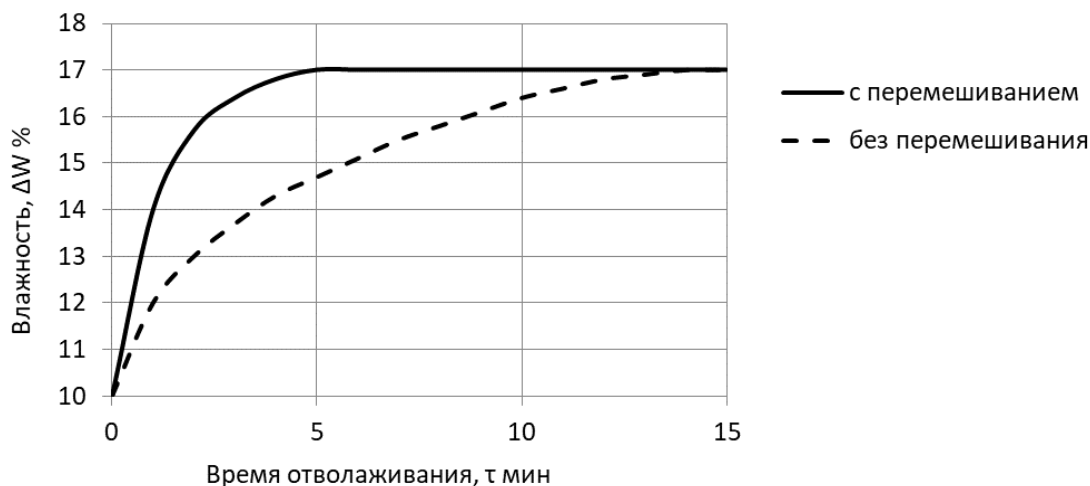


Рис. 1. Динамика влажности зерна пшеницы в процессе отволаживания

Интервалы и уровни варьирования факторов

Параметр	Обороты вала отволаживателя w , мин ⁻¹	Угол наклона лопаток относительно вала отволаживателя, α°	Шаг установки лопастей на валу отволаживателя L , мм
	x_1	x_2	x_3
Верхний уровень (+)	15	60	300
Основной уровень (0)	10	45	200
Нижний уровень (-)	5	30	100

В качестве критериев оптимизации выбраны показатели: y_1 – стекловидность зерна O_c , %; y_2 – удельные энергозатраты E , (кВт · ч)/т.

Отволаживание зерна в бункере без перемешивания до полного распределения влаги в зерновке длится 10 ч. Для проведения экспериментальных исследований по определению конструктивно-режимных параметров отволаживателя зерна [11] была изготовлена лабораторная установка (рис. 2).

При проведении экспериментальных исследований было установлено, что при увеличении частоты вращения вала установки наибольшая энергоёмкость процесса при $w = 15$ мин⁻¹.

Анализируя данные рисунков 3 и 4, можно сделать вывод: шаг установки лопастей значи-

тельного влияния на энергоёмкость и продолжительность отволаживания зерна не оказывает.

Изменение стекловидности зерна в зависимости от времени отволаживания и угла наклона лопаток относительно вала отволаживателя представлено на рисунке 5.

Из полученных данных видно, что угол наклона лопастей относительно вала отволаживателя оказывает влияние на время отволаживания, так, при $\alpha = 60^\circ$ процесс перемешивания происходит более интенсивно, чем при $\alpha = 45^\circ$ и $\alpha = 30^\circ$. При $\alpha = 60^\circ$ процесс перераспределения влаги в зерновке полностью заканчивается через 1,5 ч, при $\alpha = 45^\circ$ – через 2 ч, $\alpha = 30^\circ$ – через 3 ч.



Рис. 2. Общий вид лабораторной установки для исследования процессов увлажнения и отволаживания зерна

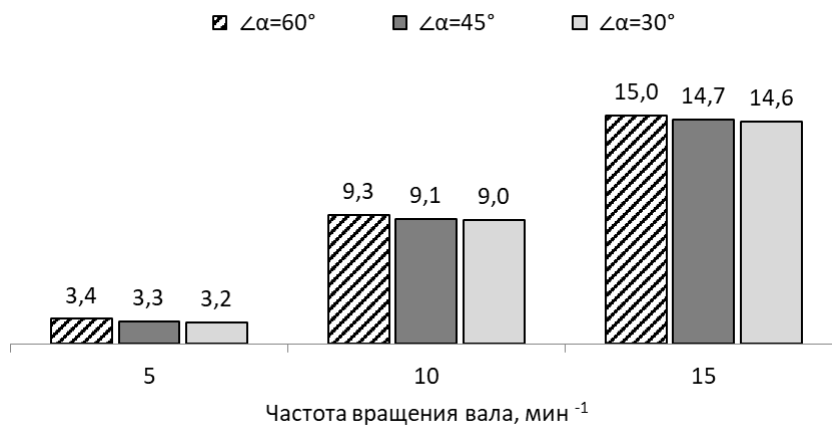


Рис. 3. Зависимость энергоемкости, (кВт · ч)/т, от частоты вращения вала установки (w) и угла наклона лопаток ($\angle\alpha$)

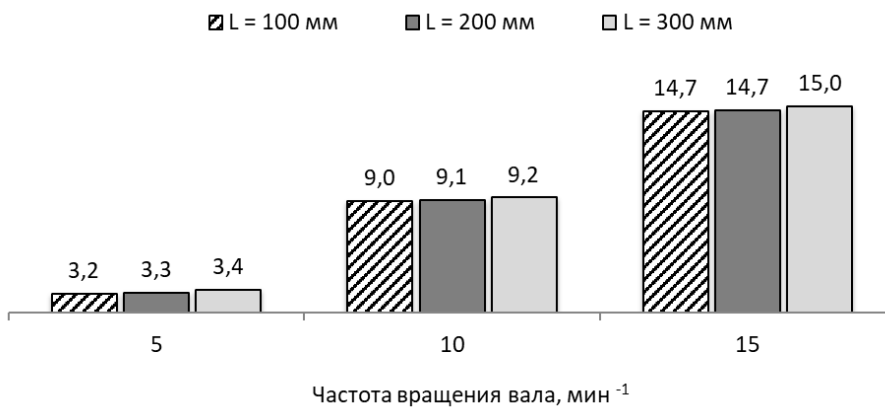


Рис. 4. Зависимость энергоемкости, (кВт · ч)/т, от частоты вращения вала установки (w) и шага установки лопаток (L)

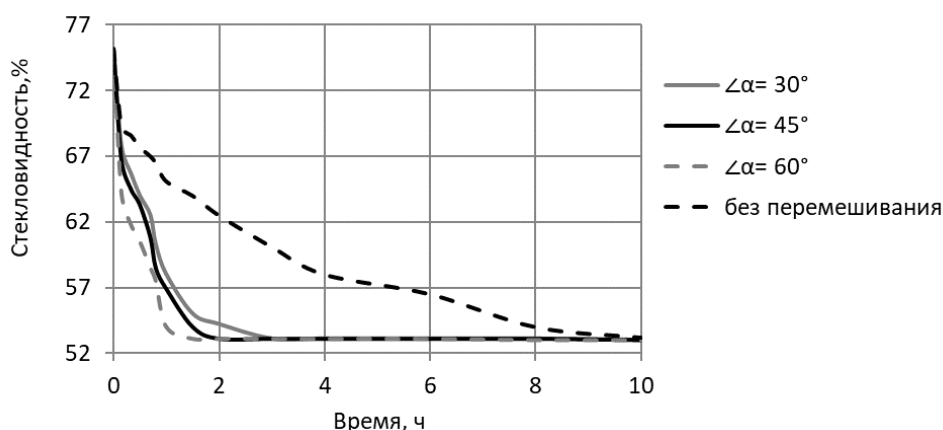


Рис. 5. Изменение стекловидности зерна в зависимости от времени отволаживания и угла наклона лопаток ($\angle\alpha$) при $w = 10 \text{ мин}^{-1}$, $L = 200 \text{ мм}$

Из данных, представленных на рисунке 6, следует, что наименьшее время отволаживания зерна $t = 1,5 \text{ ч}$ получено при частоте вращения вала $w = 15 \text{ мин}^{-1}$, которое незначительно отли-

чается от времени $t = 1,6 \text{ ч}$, полученного при $w = 10 \text{ мин}^{-1}$. При частоте вращения вала $w = 5 \text{ мин}^{-1}$ время отволаживания увеличивается до $2,8 \text{ ч}$.

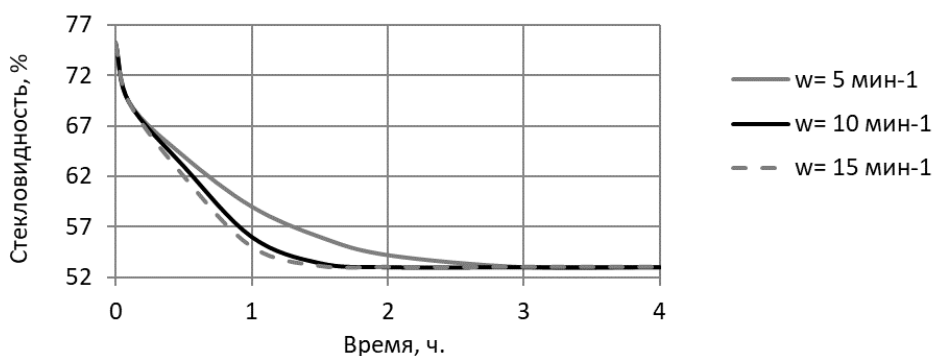


Рис. 6. Влияние времени отволаживания на стекловидность зерна (%) в зависимости от частоты вращения вала (w) при $L = 200 \text{ мм}$, $\alpha = 45^\circ$

Данные исследования позволили определить рациональные режимы, при которых имеет место наибольшая эффективность процесса отволаживания зерна пшеницы.

Заключение. На основании результатов экспериментальных исследований определены рациональные режимы работы отволаживателя зерна: частота вращения вала отволаживателя $\varphi = 10 \text{ мин}^{-1}$; угол наклона лопаток относительно вала отволаживателя $\alpha = 60^\circ$; шаг установки лопаток на валу отволаживателя $L = 200 \text{ мм}$. При рациональных режимах работы установки время отволаживания составляет $t = 1,5 \text{ ч}$, энергоёмкость процесса $E = 9,1 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)/т}$ и стекловидность зерна равна $53\text{--}54 \%$, что

свидетельствует о равномерном распределении влаги внутри зерновки и снижении ее прочности. По сравнению с вариантом без перемешивания зерна в предлагаемом варианте время отволаживания уменьшилось с 10 до $1,5 \text{ ч}$ и энергоёмкость – с $14,8$ до $9,1 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)/т}$.

Список источников

1. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. М.: ИК МГУПП, 2005. 165 с.
2. Егоров Г.А. Технология муки. Технология крупы: учебник. М.: КолоС, 2019. 296 с.

3. Миржигот А.С., Мясов Н.В. Анализ способов увлажнения зерна в технологиях экструдированных кормов // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (4 апреля 2021 г.) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2021. Ч. 1. С. 238–239.
4. Чаплыгина И.А., Матюшев В.В. Совершенствование технологии производства муки из экструдата // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. С. 166–168.
5. Чаплыгина И.А., Матюшев В.В. Совершенствование технологии получения хлеба с использованием муки из экструдата // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2018. С. 200–202.
6. Чаплыгина И.А. Перспективные технологии и оборудование производства высокоэнергетических экструдированных кормов / И.А. Чаплыгина [и др.] // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. заоч. науч. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2016. С. 54–56.
7. Чаплыгина И.А. Анализ энергетической ценности экструдатов на основе зерна пшеницы и картофеля / И.А. Чаплыгина [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2017. № 5. С. 90–95.
8. Анисимова Л.В. Распределение влаги в зерне крупяных культур при увлажнении и отволаживании // Известия вузов. Пищевая промышленность. 2005. № 1. С. 60–62.
9. Бузоверов С.Ю. Оценка качества зерна пшеницы в процессе его гидротермической обработки // Вестник Алтайского ГАУ. 2012. № 1 (87). С. 71–74.
10. Бузоверов С.Ю. Разработка устройства для увлажнения и отволаживания зерна пшеницы // Вестник Алтайского ГАУ. 2019. № 2 (172). С. 161–167.
11. Пат. RU 201 660 U1 B02B 1/04 (2020.08), B02B 1/06 (2020.08). Устройство для переработки зерна / В.В. Матюшев, А.В. Семенов, И.А. Чаплыгина, А.С. Миржигот, Н.В. Мясов. Заяв. 07.04.2020; опубл. 28.12.2020, Бюл. № 1.

References

1. Egorov G.A. Upravlenie tehnologicheskimi svojstvami zerna. M.: IK MGUPP, 2005. 165 s.
2. Egorov G.A. Tehnologiya muki. Tehnologiya krupy: uchebnik. M.: KoloS, 2019. 296 s.
3. Mirzhigot A.S., Myasov N.V. Analiz sposobov uvlazhneniya zerna v tehnologiyah `ekstrudirovannyh kormov // Innovacionnye tendencii razvitiya rossijskoj nauki: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (4 aprelya 2021 g.) / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2021. Ch. 1. S. 238–239.
4. Chaplygina I.A., Matyushev V.V. Sovershenshtvovanie tehnologii proizvodstva muki iz `ekstrudata // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. S. 166–168.
5. Chaplygina I.A., Matyushev V.V. Sovershenshtvovanie tehnologii polucheniya hleba s ispol'zovaniem muki iz `ekstrudata // Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2018. S. 200–202.
6. Chaplygina I.A. Perspektivnye tehnologii i oborudovanie proizvodstva vysoko`energeticheskikh `ekstrudirovannyh kormov / I.A. Chaplygina [i dr.] // Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: mat-ly mezhdunar. zaoch. nauch. konf. / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2016. S. 54–56.
7. Chaplygina I.A. Analiz `energeticheskoy cennosti `ekstrudatov na osnove zerna pshenicy i kartofelya / I.A. Chaplygina [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2017. № 5. S. 90–95.
8. Anisimova L.V. Raspredelenie vlagi v zerne krupyanyh kul'tur pri uvlazhnenii i otvolazhivanii // Izvestiya vuzov. Pischevaya promyshlennost'. 2005. № 1. S. 60–62.
9. Buzoverov S.Yu. Ocenka kachestva zerna pshenicy v processe ego gidrotermicheskoy obrabotki // Vestnik Altajskogo GAU. 2012. № 1 (87). S. 71–74.
10. Buzoverov S.Yu. Razrabotka ustrojstva dlya uvlazhneniya i otvolazhivaniya zerna pshe-nicy // Vestnik Altajskogo GAU. 2019. № 2 (172). S. 161–167.

11. Pat. RU 201 660 U1 V02V 1/04 (2020.08), V02V 1/06 (2020.08). Ustrojstvo dlya pererabotki zerna / V.V. Matyushev, A.V. Semenov, I.A. Chaplygina, A.S. Mirzhigot, N.V. Myasov. Zayav. 07.04.2020; opubl. 28.12.2020, Byul. № 1.

Статья принята к публикации 20.11.2022 / The article accepted for publication 20.11.2022.

Информация об авторах:

Василий Викторович Матюшев¹, заведующий кафедрой товароведения и управления качеством продукции АПК, доктор технических наук, профессор

Анна Сергеевна Миржигот², аспирант кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК

Александр Викторович Семенов³, заведующий кафедрой механизации и технического сервиса в АПК, кандидат технических наук, доцент

Ирина Александровна Чаплыгина⁴, доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Vasily Viktorovich Matyushev¹, Head of the Department of Commodity Research and Quality Management of Agricultural Products, Doctor of Technical Sciences, Professor

Anna Sergeevna Mirzhigot², Postgraduate Student at the Department of Commodity Science and Quality Management of Agricultural Products

Alexander Viktorovich Semenov³, Head of the Department of Mechanization and Technical Service in the Agroindustrial Complex, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Irina Alexandrovna Chaplygina⁴, Associate Professor at the Department of Commodity Science and Product Quality Management of the Agroindustrial Complex, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

